

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Ekonomické zhodnocení zateplení rodinného domu

Economic appraisal reduction of heat loss of one family houses

Student: Pavel Kudr

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Matoušek, Ph.D.

Ostrava 2009

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Pavel Kudr**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3907R004 Provoz a řízení v energetice

Téma:

**Ekonomické zhodnocení zateplení rodinného domku**  
**Economic Appraisal Reduction of Heat Loss of One Family Houses**

Zásady pro vypracování:

Proveďte výpočet tepelné ztráty objektu dle projektové dokumentace

Proveďte srovnání jednotlivých druhů zateplení

Na základě srovnání jednotlivých druhů tepelné izolace vyberte nejvhodnější způsob zateplení rodinného domku

Proveďte ekonomické zhodnocení investice s ohledem na současné ceny energií.

Seznam doporučené odborné literatury:

TOMAN,Z,BÁLEK,S,KLEČKOVÁ,Z. *Tepelně technické výpočty*,VŠB-TU,HUF,Ostrava 1983.

CIHELKA,J.*Vytápění,větrání ,klimatizace.*

RAŽNJEVIČ,K. *Termodynamické tabulky*,Alfa,1983.

ČSN 06 06 10 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.

ČSN 73 05 42 : Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov – vlastnosti materiálů a konstrukcí.

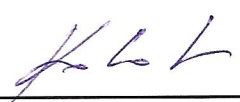
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Matoušek, Ph.D.**

Datum zadání: 29.09.2008

Datum odevzdání: 22.05.2009



  
prof. Ing. Pavel Kolat, DrSc.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.
- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)

V Ostravě.....

.....

plné jméno diplomata

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kudr, P. Ekonomické zhodnocení zateplení rodinného domu.

Ostrava: katedra energetiky, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 47 stran. Bakalářská práce, vedoucí Ing. Jan Matoušek, Ph.D.

Úvod bakalářská práce je věnován popisu tepelných ztrát objektů a srovnávání tepelných izolací. V praktické části je na základě zjištěných tepelných ztrát objektu, navržena tepelná izolace a následně je opět vypočtena tepelná ztráta domu s již instalovaným tepelně izolačním systémem. V závěru této práce je provedeno ekonomické zhodnocení na základě úspory nákladů na vytápění po zateplení.

## ANNOTATION OF BACHELOR WORK

Kudr, P. Economic appraisal reduction of heat loss of one family houses.

Ostrava: Department of Energetic, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB-Technical University of Ostrava, 2009, 47 pages. Bachelor work head Ing. Jan Matoušek , Ph. D.

The bachelor's work is dedicated to the description of heat losses of buildings and comparing the heat insulants. Practical part includes the project of the heat insulant which was made on the basis of detected heat losses of the building with subsequent calculation of the heat loss after the installation of the insulant system. Economical evaluation of the regarding the heating cost saving after the over cladding

## Obsah

1. Úvod .....	- 6 -
2. Důvody pro zateplení domu .....	- 6 -
2.1 Technické důvody .....	- 6 -
2.2 Ekonomické důvody .....	- 6 -
3. Tepelné ztráty .....	- 7 -
3.1 Tepelné mosty .....	- 7 -
3.2 Infiltrace .....	- 8 -
3.3 Difuze vodní páry .....	- 8 -
3.4 Akumulace Tepla .....	- 9 -
4. Výpočet tepelných ztrát budov a místností dle ČSN 060210:1994 .....	- 9 -
4.1 Podklady pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění .....	- 9 -
4.2 Součinitel prostupu tepla .....	- 10 -
4.3 Průměrný součinitel prostupu tepla .....	- 10 -
5. Tepelná ztráta budovy .....	- 11 -
6. Výpočet tepelné ztráty .....	- 11 -
6.1 Celková tepelná ztráta .....	- 11 -
6.2 Tepelná ztráta prostupem tepla .....	- 11 -
6.3 Základní tepelná ztráta .....	- 11 -
6.4 Tepelná ztráta prostoru (místností) větráním .....	- 13 -
6.5 Objemový tok větracího vzduchu .....	- 13 -
7. Výpočtové veličiny .....	- 16 -
7.1 Výpočtová venkovní teplota .....	- 16 -
7.2 Výpočtová vnitřní teplota .....	- 16 -
7.3 Součinitel prostupu tepla stavebních konstrukcí oken a dveří .....	- 17 -
8. Výpočet tepelných ztrát místností ve zvláštních případech .....	- 17 -
8.1 Stavební konstrukce přiléhající k zemině .....	- 17 -
9. Porovnání tepelných izolací .....	- 17 -
9.1 Tepelně izolační materiály .....	- 17 -
9.2 Pěnový polyuretan .....	- 18 -
9.3 Pěnový polystyren EPS (expandovaný polystyren) .....	- 19 -
9.4 Extrudovaný polystyren XPS .....	- 19 -
9.5 Minerální a skelná vlna .....	- 20 -

9.6 Celulóza.....	- 20 -
9.7 Pěnový polyetylén.....	- 21 -
9.8 Pěnové sklo.....	- 21 -
9.9 Desky z dřevité vlny a cementu.....	- 21 -
9.10 Cebuna.....	- 21 -
9.11 Perlit .....	- 22 -
9.12 Vermikulit, Keramzit .....	- 22 -
9.13 Křemelina .....	- 22 -
9.14 Přehled hodnot součinitelů tepelné vodivosti vybraných materiálů .....	- 23 -
10. Popis rodinného domu .....	- 23 -
10.1 Stručná charakteristika .....	- 23 -
10.2 Půdorys rodinného domu.....	- 25 -
10.3 Bokorys rodinného domu .....	- 26 -
10.4 Struktura konstrukce .....	- 26 -
10.5 Charakteristika vytápěných místností .....	- 27 -
11. Výpočet celkové tepelné ztráty před zateplením.....	- 28 -
11.1 Výpočet tepelné ztráty okny a dveřmi $Q_{o_{ok+dv}}$ .....	- 28 -
11.2 Výpočet tepelné ztráty obvodovými zdmi $Q_{oz}$ .....	- 29 -
11.3 Výpočet tepelné ztráty podlahou $Q_{op}$ .....	- 30 -
11.4 Výpočet tepelné ztráty stropem $Q_{os}$ .....	- 32 -
11.5 Výpočet základní tepelné ztráty prostupem tepla $Q_o$ .....	- 33 -
11.6 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla $Q_p$ .....	- 33 -
11.7 Výpočet tepelné ztráty větráním $Q_v$ .....	- 35 -
11.8 Tepelné zisky $Q_z$ .....	- 36 -
11.9 Výpočet celkové tepelné ztráty $Q_c$ .....	- 36 -
12. Volba vhodného způsobu zateplení.....	- 36 -
12.1 Volba tloušťky materiálu.....	- 37 -
13. Výpočet celkové tepelné ztráty po zateplení.....	- 38 -
14. Ekonomické zhodnocení zateplení rodinného domu.....	- 41 -
14.1 Výpočet nákladů na vytápění před zateplením.....	- 41 -
14.2 Výpočet nákladů na vytápění po zateplení.....	- 42 -
14.3 Výpočet nákladu na zateplení obvodových zdí .....	- 43 -
14.4 Výpočet doby návratnosti nákladu na zateplení .....	- 45 -

15. Závěr .....	- 46 -
16. Literatura.....	- 47 -
17. Přílohy.....	- 47 -

## Seznam symbolů a značek

Značka	Název	Jednotka
B	charakteristické číslo budovy	$\text{Pa}^{0,67}$
$C_{\text{PŘZ}}$	celkové roční náklady na vytápění před zateplením	Kč/rok
$C_{\text{POZ}}$	celkové roční náklady na vytápění po zateplení	Kč/rok
$C_{\text{NAZ}}$	celkové náklady na zhotovení zateplení	Kč
$C_{\text{ÚE}}$	roční úspory energie	Kč/rok
D	denostupně	-
$D_{\text{NZ}}$	doba návratnosti zateplení	rok
L	délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří	m
$L_S$	délka stěny	m
M	charakteristické číslo místnosti	-
P	výkon	W
$Q_p$	tepelná ztráta prostupem tepla	W
$Q_v$	tepelná ztráta větráním	W
$Q_z$	trvalý tepelný zisk	W
$Q_c$	celková tepelná ztráta	W
$Q_o$	základní tepelná ztráta prostupem tepla	W
$Q_{\text{VYT}}$	celková roční potřeba energie na vytápění	GJ/rok
S	ochlazovaná část stavební konstrukce	$\text{m}^2$
$V_m$	vnitřní objem prostoru	$\text{m}^3$
$V_v$	objemový tok větracího vzduchu	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$V_{\text{vH}}$	potřebný objemový průtok	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$V_{\text{vP}}$	objemový průtok při přirozeném větrání	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$c_v$	objemová tepelná kapacita vzduchu	$\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
$i_{\text{LV}}$	součinitel spárové průvzdušnosti	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$
k	součinitel prostupu tepla	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
$k_c$	průměrný součinitel prostupu tepla	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
$l_i$	tloušťka stěny	m
$n_h$	potřebnou intenzitou výměny vzduchu	$\text{h}^{-1}$
$p_1$	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	-
$p_2$	přirážka na urychlení zátopu	-
$p_3$	přirážka na světovou stranu	-
$t_e$	výpočtová venkovní teplota	$^{\circ}\text{C}$
$t_{\text{em}}$	průměrná denní teplota pro zahájení otopné sezóny	$^{\circ}\text{C}$
$t_{\text{ez}}$	průměrná teplota zeminy	$^{\circ}\text{C}$
$t_i$	výpočtová vnitřní teplota	$^{\circ}\text{C}$



$t_{ie}$	výpočtová vnitřní teplota nevytápěných místností	$^{\circ}\text{C}$
$t_{is}$	průměrná vnitřní výpočtová teplota	$^{\circ}\text{C}$
$\alpha_i$	součinitel přestupu tepla uvnitř objektu	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
$\alpha_e$	součinitel přestupu tepla z vnějšku objektu	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
$\lambda_i$	součinitel tepelné vodivosti	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
$\eta_k$	účinnost kotle	-
$\eta_o$	možnost regulace soustavy	-
$\eta_r$	účinnost rozvodu vytápění	-
$\varepsilon$	opravný součinitel	-

## **1. Úvod**

V Bakalářské práci jsem se zabýval zateplením novostavby rodinného domu. Hlavním cílem této práce bylo zjistit, zdali je možné vhodným tepelně izolačním systémem výrazně snížit celkové náklady na vytápění, přičemž finanční náklady na zateplení musí být ekonomicky návratnou investicí.

Dané téma jsem aplikoval na domě, jehož majitel uvažuje o snížení nákladu na vytápění zateplením, avšak není si jistý, zdali se tento krok vzhledem k nízkému stáří domu a použitých moderních materiálech na výstavbu vyplatí.

## **2. Důvody pro zateplení domu**

### **2.1 Technické důvody**

- Zateplením jednak eliminujeme tepelné mosty, ale odstraníme i jednu z nejčastějších příčin vzniku růstu plísní, kterou je kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu obvodových konstrukcí.
- Vnější zateplením budovy podstatně snižujeme přehřívání budovy v letním období.
- Otopný systém pak lze provozovat při menším teplotním spádu a tedy i hospodárněji.
- V případě vnějšího zateplení budovy se plně využije akumulacních vlastností budovy (tepelný komfort i při přerušovaném vytápění).
- Při vhodné skladbě má zateplení příznivý vliv na akustické vlastnosti budovy.
- Odstraní se příčiny přímého zatékání dešťové vody obvodovou konstrukcí.
- Zateplení umožňuje nové architektonického řešení budovy (barevné řešení, struktura a tvarování povrchu).
- Zateplení má příznivý vliv na životní prostředí (snížení emisí při výrobě energie).
- Jestliže se zateplením objektu uvažujeme již v projektové dokumentaci, můžeme navrhnout menší otopný systém. Při dodatečném zateplení domu můžeme stávající otopný systém ponechat, pouze u něj snížíme výkon. Zdroji tepla se tím prodlouží životnost.

### **2.2 Ekonomické důvody**

- Peníze, které vložíme do zateplení, jsou návratnou investicí.
- Snížíme provozní náklady, čímž se sníží každoroční výdaje na vytápění v zimním období, případně na klimatizaci v letním období. Při celkovém a kvalitně provedeném zateplení dochází k minimálním tepelným ztrátám a lze ušetřit přibližně 40 až 50% celkového množství energie na vytápění domu.

- Snížením spotřeby energie na vytápění můžeme instalovat menší a tudíž finančně výhodnější zdroj tepla (kotel, zásobník paliva, výměník) a také docílíme jeho hospodárnější provoz.
- Po zateplení můžeme topnou sezónu zahájit později a ukončit dříve. Kratší otopnou sezónou se můžeme ušetřit 10% energie na vytápění budovy.
- Ekonomicky výhodné je provést zateplení v okamžiku kdy je potřeby oprav či údržby konstrukcí (cena zateplení je pak odpovídající rozdílu uvažované povrchové úpravy a zateplení).
- Zateplené konstrukce mají vyšší povrchovou teplotu, a proto můžeme lépe využít obytné užitné prostory objektu.

### **3. Tepelné ztráty**

Teplo tvoří bezesporu největší část spotřebované energie ať už v domě nebo bytě. Spotřeba tepla je dána zejména množstvím tepla, které potřebujeme na vytápění a tepelnou ztrátou budovy. Teplo z domu neustále uniká dvojím způsobem: jednak prostupuje stěnami a okny a jednak uniká se vzduchem, kterým větráme. Průniku tepla obvodovým pláštěm budovy nelze nikdy zcela zabránit (to by bylo proti fyzikálním zákonům), ale lze ho značně snížit opatříme-li dům izolací. Celkové množství spotřebované energie se vyjadřuje v GJ/rok.

#### **3.1 Tepelné mosty**

Tepelné mosty budovy, lze obdobně chápat jako např. mosty přes řeku. Jsou to místa, kudy může tepelná energie snadněji projít přes překážku, přičemž únik tepla je obvykle několikrát větší než v okolní konstrukci a vliv tepelných mostů na celkovou tepelnou ztrátu objektu může být značný. Nepříznivý vliv tepelných mostů se projevuje nejen přímo v místě tepelných mostů, ale i v jeho nejbližším okolí. Na rozdíl od tepelných odporů, kde je výpočet obvykle jednoduchý, se tepelné mosty počítají hůře. Vyřešit dobře tepelný most je teoreticky i prakticky často velmi obtížné a proto se jim stále věnuje malá pozornost a nejsou u nás patřičně řešeny.

Podstatně nejhorším důsledkem však je zejména u nově stavěných domů, častý výskyt plísní způsobený velmi utěsněnými spáry v oknech. Stačí i malý pokles povrchové teploty konstrukce ke kondenzaci vodní páry na stěně a vzniku plísní. Odstranění kondenzace vody lze dosáhnout pouze dodatečnou tepelnou izolací, především z vnější strany zdi.

### 3.2 Infiltrace

Pojem infiltrace znamená pronikání či prosakování. Ve stavební praxi se tento pojem používá ve spojení s pronikáním vzduchu okny, tj. pronikání vzduchu netěsnostmi mezi okenním rámem a křídlem. Může také nastat i u spojů mezi panely, mezi okenním rámem a ostěním i mezi jednotlivými tepelně izolačními deskami. Celková infiltrace tak způsobuje velké tepelné ztráty, protože se dovnitř budovy dostává studený vzduch, který je třeba ohřát. Proto je nutné tyto spáry utěsnit a eliminovat tak pronikání chladného vzduchu. Ovšem hygienická norma předepisuje, že musí docházet v určitých intervalech k výměně vzduchu v místnosti, toho lze dosáhnout klimatizací či nuceným větráním. U méně náročných provozů je možné spolehnout se na přirozenou výměnu vzduchu infiltrací již zmíněnými netěsnostmi. I zde je ovšem snaha infiltraci minimalizovat a spíše používat řízené větrání, protože z energetického hlediska je lepší, snažit se minimalizovat netěsnosti a větrat řízně přes výměník tepla, ve kterém odváděný teplý vzduch ohřívá přiváděný chladný.

### 3.3 Difuze vodní páry

Jde o jev, kdy vodní páry pronikají konstrukcí vlivem rozdílných teplot a vlhkostí vzduchu v interiéru a exteriéru budovy. Pokud např. v zimním období je venku teplota  $-15^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkost vzduchu 84% což odpovídá cca 1g vody v  $1\text{m}^3$  vzduchu a uvnitř budovy je teplota  $20^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkost 60% potom je v  $1\text{m}^3$  obsaženo přes 11g vody, pak se pára snaží proniknout skrz obvodové konstrukce značnou silou až 1,26kPa. Průnik vodní páry konstrukcí, může způsobit, pokud poklesne teplota pod teplotu rosného bodu, že difundující vodní pára z kondenzuje na vodu a ta může způsobit rozpad konstrukce, výskyt plísní nebo snížení izolační schopnosti konstrukce. Tomuto problému lze zabránit u teplejšího povrchu konstrukce použitím materiálu s vyšším difuzním odporem a nižší tepelně izolační schopností a na vnějším povrchu by měl být difuzní odpor materiálu nižší a izolační schopnosti co nejvyšší. Další možností jak předejít kondenzaci páry na konstrukci je použití tzv. parozábrany, tedy folie o velkém difuzním odporu.

Difuze vodní páry má také na svědomí velmi špatný stav většiny plochých střech. Často se totiž na nosnou konstrukci dala spádová vrstva, jedna vrstva asfaltové lepenky jako parozábrana, tepelná izolace a navrch opět vrstva asfaltového pásu. To způsobuje, že difundující pára pronikne konstrukcí střechy a zastaví se až na hydroizolaci a z kondenzuje. V letním období se voda změní opět na páru, která oderve hydroizolaci od podkladu. Proto se u nás o plochých střechách traduje, že existují dva typy: ty co tečou a ty, co budou téct.

### 3.4 Akumulace Tepla

Jde o schopnost materiálu akumulovat teplo a v případě ochlazení teplo opět vydat. Je to dáno měrným teplem; čím je měrné teplo materiálu vyšší, tím více energie může materiál akumulovat. Obecně platí, že u lehčího materiálu je schopnost akumulace tepla nižší. Použití materiálu s vysokou akumulační schopností spočívá hlavně v tom, že i při několika hodinovém přerušeném vytápění, nebo větráním v zimní období, má prostředí stále stejnou teplotu. Nevýhodou je však delší doba potřebná k vytopení místnosti. Proto je nutno předem zvážit zdali bude vhodné instalovat tyto materiály do objektů, kde nebude například trvalý pobyt lidí.

Dnes se výhod akumulace využívá především u solárně vytápěných domů, kde se přes den teplo, zachytává solárními panely a vytápí se s ním v noci. Jsou však v současné době i stavby, které využívají výhody konstrukcí s minimální schopností akumulace, použitím stěnových nosných panelů s velkým tepelným odporem.

## 4. Výpočet tepelných ztrát budov a místností dle ČSN 060210:1994

### 4.1 Podklady pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění

- a) Situační (polohopisný) plán, ze kterého je zřejmá poloha budovy vzhledem ke světovým stranám, výška a vzdálenost okolních budov, terénních překážek apod., nadmořská výška místa stavby a převládající směr a intenzita větru.
- b) Půdorysy jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními skladebnými (popř. světlými) rozměry, včetně rozměrů oken a dveří (nejméně v měřítku 1:100).
- c) Řezy budovou s udáním hlavních světlých a konstrukčních výšek podlaží.
- d) Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0540-3:1994.
- e) Součinitel spárové průvzdušnosti oken  $i_{LV}$  (ve smyslu ČSN 73 0540-1:1994  $i_{LVp}$ ) a součinitel prostupu tepla oken a dveří  $k$  (ve smyslu ČSN 73 0540-1:1994  $k_{ok,p}$ ), popř. údaje o materiálu a konstrukci oken a dveří potřebné k výpočtu tepelné ztráty místnosti prostupem a tepelné ztráty místnosti infiltrací.
- f) Údaje o druhu (účelu) místnosti.
- g) Údaje o teplotách. Pro volbu výpočtové venkovní teploty  $t_e$  je možno použít tabulku A.1, nebo lépe údaje nejbližší hydrometeorologické stanice. Výpočtové vnitřní teploty  $t_i$  se volí podle tabulky A.3, v souladu s hygienickými předpisy nebo na základě výslovného požadavku investora. V tomto případě však musí být tato skutečnost v projektu uvedena. Teplota v sousedních nevytápěných místnostech se volí podle tab.A.2.

## 4.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla konstrukce  $k$  (ve smyslu ČSN 730540-1:1994 součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce  $k_p$ ):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

*Rov.4.2.1 – Součinitel prostupu tepla*

$\alpha_i$  – součinitel přestupu tepla uvnitř objektu  $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$

$\alpha_e$  – součinitel přestupu tepla z vnějšku objektu  $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$

$l_i$  – tloušťka stěny  $[m]$

$\lambda_i$  – součinitel tepelné vodivosti  $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$

## 4.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Plochy stropů, podlah a svislých stěn se vypočítají z vnitřních (světлых) rozměrů místností, pouze u výšky se počítá s konstrukční výškou podlaží. Tato zásada platí také pro určení celkové plochy všech konstrukcí pro stanovení hodnoty  $\Sigma S$  při výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla konstrukcemi místnosti  $k_c$  podle rovnice:

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

*Rov.4.3.1 – Průměrný součinitel prostupu tepla*

$\Sigma S$  – celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost  $[m^2]$

$t_i$  – výpočtová vnitřní teplota  $[^{\circ}C]$  (viz tabulka A.3).

$t_e$  – výpočtová venkovní teplota  $[^{\circ}C]$  (viz tabulka A.1).

*Plocha okenních a dveřních otvorů se stanoví podle jejich skladebných rozměrů včetně ráamů a zárubní.*

*Pro výpočet otopné plochy se doporučuje konečné hodnoty celkové tepelné ztráty místnosti zaokrouhlit:*

- Na 10 W směrem k větší hodnotě při  $Q_c \leq 500 \text{ W}$
- Na 20 W směrem k větší nebo menší hodnotě při  $500 \text{ W} < Q_c \leq 1000 \text{ W}$
- Na 50 W směrem k větší nebo menší hodnotě při  $Q_c > 1000 \text{ W}$

## 5. Tepelná ztráta budovy

- Norma stanoví tepelné ztráty v jednotlivých místnostech (prostorách). Při návrhu otopné soustavy ústředního vytápění v těchto místnostech (prostorách) je nutné zohlednit i tepelné zisky např. z oslunění, trvalého pobytu osob, technologie apod.
- Tepelná ztráta budovy není prostým součtem vypočtených tepelných ztrát jednotlivých místností (prostor). Je nutno zohlednit současnost infiltrace i doby provozu jednotlivých místností a místní tepelné zisky.
- Pro stanovení tepelné ztráty budovy je možno použít obálkovou metodu podle ČSN 730540-4:1994 tj. stanovit pouze tepelnou ztrátu obvodového pláště (tj. obvodových stěn a střechy, popřípadě i podlahy pod nejnižším podlažím).

## 6. Výpočet tepelné ztráty

### 6.1 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta  $Q_c$  ve W, se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním snižená o trvalé tepelné zisky. Je dána vztahem:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$$

*Rov. 6.1.1 – Celková tepelná ztráta*

$Q_p$  – tepelná ztráta prostupem tepla;

$Q_v$  – tepelná ztráta větráním;

$Q_z$  – trvalý tepelný zisk.

### 6.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla  $Q_p$  ve W, se určí podle vztahu:

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3)$$

*Rov. 6.2.1 – Tepelná ztráta prostupem tepla*

$Q_o$  – základní tepelná ztráta prostupem tepla;

$p_1$  – přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí;

$p_2$  – přírážka na urychlení zátoku;

$p_3$  – přírážka na světovou stranu.

### 6.3 Základní tepelná ztráta

Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_o$  ve W, se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost do venkovního prostředí nebo do sousedních místností.

$$Q_o = k_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + k_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + \dots + k_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) = \sum_{j=1}^{j=n} k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej})$$

Rov.6.3.1 – Základní tepelná ztráta

$S_1, S_2 \dots S_n$  – ochlazovaná část stavební konstrukce [ $m^2$ ] (v ČSN 730540:1994 se značí plocha A); (obecně  $S_j$ )

$k_1, k_2 \dots k_n$  – součinitel prostupu tepla [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ], (podle ČSN 730540-4:1994 součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce  $k_p$ ), (obecně  $k_j$ );

$t_i$  – výpočtová vnitřní teplota [ $^{\circ}C$ ];

$t_{e1}, t_{e2} \dots t_{en}$  – výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce [ $^{\circ}C$ ], (výpočtová teplota v sousední místnosti, nebo výpočtová venkovní teplota), (obecně  $t_{ej}$ ).

- Je-li u některé ze stavebních konstrukcí teplota na vnější straně vyšší než teplota ve vytápěné místnosti, má tepelný tok prostupující touto stavební konstrukcí zápornou hodnotu; v tomto případě jde o tepelný zisk, který zmenšuje základní tepelnou ztrátu místnosti prostupem tepla  $Q_o$ .
- Přirážkou na vyrovnaní vlivu chladných stavebních konstrukcí  $p_1$  se umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované výpočtové vnitřní teploty  $t_i$  pro, kterou se počítá základní tepelná ztráta  $Q_o$ .
- Přirážka na vyrovnaní vlivu chladných konstrukcí  $p_1$ , závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti  $k_c$ , který se stanoví ze vztahu 4.3.1 Přirážka na vyrovnaní vlivu chladných konstrukcí  $p_1$  se pak stanoví ze vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c$$

Rov.6.3.2 – Přirážka na vyrovnaní vlivu chladných konstrukcí

*U stavební konstrukce (její části) oddělující vytápěnou místnost od komínového tělesa se předpokládá, že je dostatečně tepelně izolována, takže lze zanedbat tepelný zisk prostupem od komína.*

- S přirážkou na urychlení zátopy  $p_2$  se v bytové výstavbě, nemocnicích apod. uvažuje jen v případech, kde ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. Za normálních okolností se s přirážkou  $p_2$  nepočítá, neboť při výpočtových podmínkách (při výpočtové venkovní teplotě  $t_e$ ) se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění.



- U budov (objektů) se samostatnou kotelnou na tuhá paliva o jmenovitém tepelném výkonu menším než 150 kW se předpokládá, že ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění, a proto se při výpočtu tepelné ztráty prostupem podle rovnice 6.2.1 počítá s přírážkou na urychlení zátopy  $p_2$ :
  - 0,10 při denní době vytápění delší nebo rovné než 16 hodin.
  - podle ČSN 06 0220:1993 při denní době vytápění kratší než 16 hodin.
- Výši přírážky na světovou stranu  $p_3$  rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích, poloha jejich společného rohu. U místnosti se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přírážkou největší. Hodnoty přírážky  $p_3$  (viz tabulka A.8).

#### 6.4 Tepelná ztráta prostoru (místností) větráním

Tepelná ztráta prostoru (místností) větráním  $Q_v$  ve W, se stanoví ze vztahu:

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e)$$

*Rov. 6.4.1 – Tepelná ztráta prostoru větráním*

$V_v$  – objemový tok větracího vzduchu  $[m^3 \cdot s^{-1}]$ , za  $V_v$  se dosadí větší z hodnot  $V_{vH}$ ,  $V_{vP}$ ;

$t_i$  – výpočtová vnitřní teplota  $[^{\circ}C]$

$t_e$  – výpočtová venkovní teplota  $[^{\circ}C]$

$c_v$  – objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě  $0^{\circ}C$ ,  $[J \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}]$  tj. přibližně při střední teplotě  $t_m = 0,5 \cdot (t_i + t_e)$ ,  $c_v = 1300 [J \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}]$ .

#### 6.5 Objemový tok větracího vzduchu

Objemový tok větracího vzduchu prostoru (místností)  $V_v$  musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků (např. při řešení odvlhčování nebo odvodu škodlivin) Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu  $n_h$  ( $h^{-1}$ ). Potřebný průtok se stanoví ze vztahu:

$$V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m$$

*Rov. 6.5.1 – Potřebný objemový průtok*

$V_m$  – vnitřní objem prostoru (místností)  $[m^3]$ .

- Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu  $V_{VP}$  stanoví ze vztahu:

$$V_{VP} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M$$

*Rov.6.5.2– Objemový průtok při přirozeném větrání*

$\sum(i_{LV} \cdot L)$  – součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti  $[m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}]$

$i_{LV}$  – součinitel spárové průvzdušnosti  $[m^3 \cdot s^{-1} / m \cdot Pa^{0,67}]$

$L$  – délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří  $[m]$

$B$  – charakteristické číslo budovy  $[Pa^{0,67}]$

$M$  – charakteristické číslo místnosti  $[-]$

- Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti  $i_{LV}$  oken a venkovních dveří jsou uvedeny v ČSN 73 0540-3:1994.
- Celková délka spáry  $L$  se stanovuje ze skladebných rozměrů otevíratelných oken a dveří. Uvažuje se při tom se spárami mezi jednotlivými křídly a rámem (včetně středních sloupků) a se spárami mezi dvěma na sebe přilehajícími křídly.
- Součet součinů  $\sum(i_{LV} \cdot L)$  se vztahuje na okna a venkovní dveře na návětrné straně budovy. U řadových místností s jednou venkovní konstrukcí se za návětrnou stranu považuje strana, na které je venkovní konstrukce s oknem. U rohových místností s okny v obou venkovních stavebních konstrukcích se počítá se  $\sum(i_{LV} \cdot L)$  pro okna v obou stavebních konstrukcích. U místností s okny v protilehlých konstrukcích se za návětrnou stranu považuje strana, pro kterou má  $\sum(i_{LV} \cdot L)$  větší hodnotu. Protilehlá strana stavební konstrukce se pak považuje za stranu závětrnou; spárami oken v této konstrukci uniká vzduch z místnosti. Charakteristické číslo místnosti se v tomto případě volí  $M=1$ , stejně jako pro místnost bez vnitřních konstrukcí (viz. tabulka A.5).
- Charakteristické číslo budovy  $B$  závisí na rychlosti větru volené podle polohy budovy vzhledem ke krajině (rozlišuje se chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá poloha) a na druhu budovy (rozlišuje se řadové budovy a osamělé stojící budovy). Z hlediska rychlosti větru se dále rozlišuje normální krajina a krajina s intenzivními větry. Hodnoty charakteristického čísla budovy  $B$  jsou uvedeny v tabulce A.4.

- Podle toho jak je budova v krajině vystavena náporu větru, se rozlišuje:
  - a) chráněná poloha:
    - domy ve vnitřních částech měst, pokud příliš nepřevyšují okolí;
    - domy ve střední části sídlišť s převážně řadovou zástavbou;
    - domy ze všech stran a v celé výšce chráněné okolím, např. nízké domy v zalesněné krajině apod.
  - b) nechráněná poloha:
    - domy ve vnitřních částech měst a sídlišť, pokud značně převyšují okolí;
    - domy na okraji sídlišť s převážně řadovou zástavbou;
    - domy v sídlištích s převážně bodovou zástavbou, pokud značně převyšují okolí;
    - osaměle stojící domy v údolích, v zalesněné krajině apod.
  - c) velmi nepříznivá poloha:
    - domy v sídlištích s převážně bodovou zástavbou, pokud značně převyšují okolí;
    - osamělé stojící domy na březích řek a jezer (rybníků), na nezalesněných návrších, na rozsáhlých rovinách apod.
- Charakteristické číslo místnosti  $M$  závisí na poměru mezi průvzdušností oken a vnitřních dveří. Rozlišují se tyto případy:
  - a) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je menší než průvzdušnost oken ( $M=0,4$ );
  - b) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je přibližně stejná jako průvzdušnost oken ( $M=0,5$ );
  - c) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je větší než průvzdušnost oken ( $M=0,7$ );
  - d) místnosti bez vnitřních stěn, např. sály, velkoprostorové kanceláře apod. ( $M=1,0$ ).

*V případech a) až c) se dále rozlišují místnosti podle počtu vnitřních dveří a podle jejich těsnosti (rozeznávají se dveře netěsné, tj. bez prahů, a dveře těsné tj. s prahy). Hodnoty charakteristického čísla  $M$  jsou uvedeny v tabulce A.5.*

- Je-li hygienický nebo technologický nárok na intenzitu výměny vzduchu  $n$  větší než výpočtová intenzita výměny vzduchu infiltrací je nutno ji zajistit větráním. Intenzita výměny vzduchu infiltrací  $n$ , v  $\text{h}^{-1}$

$$n = \frac{3600 \cdot \Sigma(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_m}$$

*Rov. 6.5.3 – Intenzita výměny vzduchu*

$V_m$  – viz vztah 6.5.1

Do hodnoty  $n = 1$  až  $1,5$  se předpokládá krýt tepelnou ztrátu ještě otopným tělesem; při  $n > 1,5$  se doporučuje použít klimatizační jednotku.

- Potřebné větrání je možné zajistit přirozeně nebo nuceně ventilátorem podtlakově či přetlakově. Při podtlakovém větrání je ve vztahu 6.4.1

$$V_v = V_{vent}$$

*Rov. 6.5.4 – Intenzita výměny vzduchu*

$V_{vent}$  – objemový tok vzduchu ventilátorem  $[m^3 \cdot s^{-1}]$ .

## 7. Výpočtové veličiny

### 7.1 Výpočtová venkovní teplota

- Za výpočtovou venkovní teplotu  $t_e$  byla zvolena průměrná teplota pěti za sebou následujících nejchladnějších dnů podle dlouhodobých meteorologických pozorování. Pro území ČR a SR byly zvoleny tři základní výpočtové venkovní teploty  $t_e = -12^\circ C$ ,  $t_e = -15^\circ C$  a  $t_e = -18^\circ C$ . Pro vybraná města jsou výpočtové venkovní teploty uvedeny v tabulce A.1.
- Pro volbu výpočtové venkovní teploty  $t_e$  na rozhraní dvou oblastí je rozhodující náhlá změna nadmořské výšky; pro údolí se počítá s vyšší  $t_e$ , pro návrší nižší  $t_e$ . Pro budovy (objekty) zásobované teplem ze stejného zdroje však musí být uvažováno se stejnou výpočtovou venkovní teplotou.
- Pro místa s nadmořskou výškou nad 400 m se zvyšuje rozdíl teplot  $\Delta t = t_i - t_e$  o  $3^\circ C$  (viz tabulka A.9).
- Pokud je z hydrometeorologické stanice v místě znám průběh teplot za delší sledované období (nejméně 30 let) je vhodné použít pro výpočet tyto konkrétní údaje. S korekcí na nadmořskou výšku se pak neuvažuje, ale pouze s korekcí na rychlost větru.

### 7.2 Výpočtová vnitřní teplota

- Za výpočtovou vnitřní teplotu  $t_i$  se volí tzv. výsledná teplota, která je aritmetickým průměrem mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou povrchovou teplotou stěn

ohraničujících vytápěnou místnost. Pokud není předepsáno jinak, volí se obvykle výpočtová teplota podle tabulky A.3.

- Ve skutečných místnostech se výsledná teplota  $t_i$  měří kulovým výsledným teploměrem o průměru 100mm až 150mm uprostřed půdorysu ve výši 1m nad nášlapnou vrstvou podlahy. Celkový tepelný stav ve vytápěné místnosti se posuzuje podle takto naměřené výsledné teploty  $t_i$ .

### **7.3 Součinitel prostupu tepla stavebních konstrukcí oken a dveří**

- Okna a venkovní dveře jsou konstrukce bez schopnosti tlumit účinek kolísání venkovní teploty. Výpočtové hodnoty jejich vlastností se stanoví podle viz ČSN 730540-3:1994.

## **8. Výpočet tepelných ztrát místností ve zvláštních případech**

### **8.1 Stavební konstrukce přiléhající k zemině**

- Při výpočtu tepelné ztráty prostupem nepodsklepených podlah přízemních místností a hal přiléhajících k zemině se uvažuje s průměrnou teplotou zeminy  $t_{gr} = +10^{\circ}\text{C}$ .
- Při výpočtu tepelné ztráty prostupem ostatních konstrukcí přilehlých k zemině sklepních místností částečně nebo zcela pod úroveň okolního terénu se uvažuje s teplotou přilehlé zeminy  $t_{gr}$  podle tabulky A.6, se kterou se počítá jako s výpočtovou venkovní teplotou  $t_e$ .
- Teplota spodní vody je stejná jako u zeminy, pokud se jedná o termální oblast, kde se postupuje podle místních podmínek.
- Součinitel prostupu tepla konstrukce přiléhající k zemině (ve smyslu ČSN 730540:1994 zabudované konstrukce  $k_{p,gr}$ ) se stanoví podle přílohy C ČSN 730540-4:1994.

## **9. Porovnání tepelných izolací**

### **9.1 Tepelně izolační materiály**

Požadavky na tepelnou pohodu vnitřního prostředí a na tepelně technické vlastnosti materiálu a stavebních konstrukcí stanovuje ČSN 73 0540-2:1994, Hygienické a další právní předpisy. Pro tepelnou izolaci by měly být používány materiály, které mají co nejmenší tepelnou vodivost, konkrétně součinitel  $\lambda$  by neměl přesahovat hodnotu  $0,2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  a to z toho důvodu, aby přidávaná vrstva nanášena na

chráněnou stěnu nevycházela příliš silná a účinnost tepelné izolace tak byla co nejvyšší. Další důležité vlastnosti jsou součinitel difuze vodní páry (difuzní faktor), který nám udává propustnost materiálu vodní párou, dále pak objemová hmotnost, pevnost, nasákavost, hořlavost, zpracovatelnost, toxicita a v neposlední řadě cena. Veškeré vlastnosti materiálu se mohou lišit nejen podle druhu izolace, ale existují i drobné odchylky od různých výrobců. Tyto vlastnosti tepelně izolačních materiálů nám určují vhodnost použití pro různé konkrétní případy. Mezi nejlepší izolanty patří lehké pórovité hmoty, protože vzduch má malou vodivost a proto v malých dutinách nemůže proudit. S rostoucí teplotou jejich tepelná vodivost vzrůstá, neboť vzrůstá také teplota vzduchu v dutinách a současně dochází k intenzivnímu přenosu tepla zářením.

## 9.2 Pěnový polyuretan

Pěnový polyuretan patří mezi nejúčinnější tepelné izolace. Mezi jeho největší přednosti patří velmi malé hodnoty součinitele tepelné vodivosti, teplotní stálost od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $+130^{\circ}\text{C}$ , je odolný proti kyselinám, louhům, organickým rozpouštědům, olejům, bakteriím, plísním, mikroorganismům je nenasákavý a vysoce přilnavý k jakémukoli povrchu, kromě povrchů, které jsou vlhké a mastné. Nevýhodou je zbarvení do hněda a následný rozpad při působení UV-záření, proto musí být opatřen nátěrem. Může být jako měkký (molitan) nebo polyuretanové pěny (PUR), které jsou významným tepelně izolačním materiálem. Tvrdá polyuretanová pěna se vyrábí jako jednosložková, nebo dvousložková.

Jednosložková polyuretanová pěna se ve stavebnictví používá výhradně pro utěsňování okenních rámců a nejrůznějších spár, vytvrzení se děje pomocí vlhkosti vzduchu.

Dvousložková polyuretanová pěna. Po smíchání izokyanátu a polyolu dochází k reakci a následné vypěnění vznikne uvolněním kyslíčnicku uhličitého (dříve varem freonu R 11) nebo jiného nadouvadla. Výsledkem po vytvrdnutí je pěnový PUR o objemové hmotnosti  $35 - 120 \text{ kg/m}^3$ . Pevnost v tlaku je až  $3 \text{ MPa}$ . Existují i speciální dvousložkové PUR, které dosahují objemové hmotnosti až  $600 \text{ kg/m}^3$  a pevnosti v tlaku  $42 \text{ MPa}$ . Stříkaný pěnový polyuretan je možné používat jako tepelnou izolaci na obrácené ploché střechy, na šikmé střechy a dále všude tam kde izolace není chráněna proti vlhkosti např. tepelná izolace základu, suterénu, teplovodu apod. U nás se používá od roku 1991. Šlo však o náročnou technologii a tak s prvními realizovanými střechami bývají problémy. V současnosti však lze říci, že technologie používání stříkaného PURu je u mnoha firem zvládnutá a nechat si udělat střechu od vhodného dodavatele z tohoto materiálu nemusí být sázka do loterie.

### 9.3 Pěnový polystyren EPS (expandovaný polystyren)

Základní surovinou pro výrobu pěnového polystyrenu je zpěňovatelný polystyren ve formě perlí, obsahujících zpravidla 6 - 7% pentanu jako nadouvadlo. Tyto perly vznikají polymerizací styrenu (vinylbenzenu). Styren je látka běžně se vyskytující v přírodě, průmyslově se vyrábí z ropy. Pěnový polystyren patří mezi nejpoužívanější tepelněizolační materiál a to především díky své nízké ceně. Má vysokou odolnost proti hnilobě a nijak nestárne, je dobře zpracovatelný. Mechanické vlastnosti EPS se významně nemění ani při dlouhodobém působení vody, avšak vodní pára obsažená ve vzduchu jako vlhkost může procházet vrstvou EPS. Rychlost difuze přímo závisí na tloušťce vrstvy a na faktoru difuzního odporu. Jeho struktura je tvořena mnoha uzavřenými buňkami tvaru mnohostěnu, obsahujícími vzduch, který má, jak známo, pouze nepatrnou tepelnou vodivost. Pěnová hmota se skládá asi z 2% polystyrenu a 98% vzduchu. Pěnový polystyren EPS krátkodobě odolává teplotám okolo +100°C, dlouhodobě pak teplotám okolo +75°C až +80°C což je závislé především na objemové hmotnosti, která se pohybuje obvykle v rozmezí 12 - 35 kg/m<sup>3</sup>. Pevnost v tlaku u polystyrenu se pohybuje od 0,07 do 0,22 Mpa. Mezi nepříjemné vlastnosti tohoto izolačního materiálu patří, tendence vrátit se do původního nenapěněného stavu. Tato vlastnost je tím výraznější, čím je vyšší teplota a projevuje se především po několika měsících od jeho výroby. K dalším nevýhodám EPS patří jeho snadné rozpouštění organickými rozpouštědly, které se mohou uvolňovat např. z asfaltových krytin. Polystyren můžeme řezat, vrtat, lepit a jinak dodatečně upravovat. Snadno z něj vytvoříme dekorační nebo tvarovací prvky. Lze ho kombinovat se všemi běžnými stavebními hmotami a nátěry. Dnes se ve stavebnictví používá především polystyren, který se díky samozhašenlivé úpravě stává nehořlavým.

Pěnový polystyren je vhodný především pro izolaci obvodových stěn budov, používají se do plovoucích podlah pro snížení kročejového hluku, pro izolaci dvouplášťových střech, rozvodů chladících a topných médií. Není vhodný pro izolaci střech kde je umístěn těsně pod hydroizolaci.

### 9.4 Extrudovaný polystyren XPS

Jedná se o tzv. vytlačovaný polystyren. Jeho objemová hmotnost se pohybuje v rozmezí 30 – 40 kg/m<sup>3</sup>. Oproti pěnovému polystyrenu EPS má několik výhod. Především se jedná o nižší hodnoty součinitele tepelné vodivosti, vysoké pevnosti v tlaku, má uzavřené póry, nemá tendenci se smršťovat do nenapěněného stavu a je obdobně jako polyuretan nenasákavý. Hodnoty objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku jsou stejné jako u běžného polystyrenu. Nevýhodou je nižší tepelná stálost při teplotách nad +75°C a není odolný proti organickým rozpouštědlům. Proto je často nahrazován pěnovým polyuretanem, který má lepší fyzikální vlastnosti a je zhruba na stejné cenové

úrovni. Extrudovaný polystyren lze použít na izolaci základů, stěn, podlah, nebo jako izolaci do střech, musí však být zaručeno, že teplota nepřesáhne hodnotu  $+75^{\circ}\text{C}$ . Může být i umístěn v trvale vlhkých místnostech. Z ekonomického hlediska není vhodný tam, kde se plně nevyužije všech jeho vlastností a kde by bylo možné ho nahradit jinou tepelnou izolací.

### 9.5 Minerální a skelná vlna

Tyto dva produkty jsou si velmi podobné. Skelná vata se skládá z křemitého písku, sody, dolomitu, boraxu, živce a vápence, přidává se rovněž podíl odpadového skla. Minerální vlákno se získává z kameniny jako je siderit, vápenec, dolomit, čedič aj., do směsi se přidává i recyklované sklo a koks. Při výrobě se granulát z těchto složek taví, aby z nich bylo možno vyrobit umělé vlákno (keramické vlákno). Soudržnost vaty se pak zvyšuje napouštěním pojiva - fenolformaldehydovou pryskyřicí, která v horkém vzdušném proudu tuhne. Typické žlutavé zabarvení dodává skelné vatě formaldehydová pryskyřice. Podíl pojiva činí dle požadované mechanické pevnosti 3 - 10% u skelné vaty a 1 - 3% u minerální vaty. Minerální a skelná vata, tlumí hluk je výborná tepelná izolace, která snáší velmi velké teploty, podle druhu složení pojiva až okolo  $+700^{\circ}\text{C}$ , je paropropustná, vodoodpudivá jsou odolné vůči škůdcům a netlejí. Objemová hmotnost se pohybuje od  $60 - 400 \text{ kg/m}^3$ . Nevýhodou tohoto materiálu jsou velmi nízké hodnoty pevnosti v tlaku od  $0,01 - 0,07 \text{ MPa}$ . Proto musí být vždy řádně kotvena ke stěnové konstrukci, jinak může dojít k zlomení vlny a zhroucení stěny. Při manipulaci se uvolňují minerální vlákna, která mohou vyvolat nežádoucí reakce, například záněty kůže způsobené mechanickým podrážděním vláken, alergické reakce na pojiva nebo podráždění či zánět spojivek. Ochranné pomůcky jsou při práci nezbytně nutné. V Evropě podléhají přísným podmínkám, neboť hrozí nebezpečí rakoviny plic při práci s tímto materiálem, proto se nesmí používat vlákna jemnější než  $3\mu\text{m}$  a musí mít určitý poločas biologického rozpadu. Vyrábí se v podobě nejrůznějších izolačních rohoží, měkkých desek, polotuhé i tuhé bez povrchových úprav nebo s nalepenými či přišitými foliemi. Výrobky z minerální a skelné vaty jsou vhodné pro izolaci střech, stropů, rozvodu potrubí v topných kanálech, fasád a plovoucích podlah. Jako izolace proti kročejovému hluku.

### 9.6 Celulóza

Celulóza je tepelná izolace, která se vyrábí recyklací starého papíru, který bývá impregnovaný proti hoření a biologickému napadení boraxem a kyselinou boritou. Pro impregnaci se mohou použít i jiné materiály, ale celulózka se potom může stát agresivní pro kovy nebo dokonce zdravotně závadnou. Její objemová hmotnost v suchém stavu se pohybuje okolo  $26 - 50 \text{ kg/m}^3$  a je možno jí použít v rozmezí teplot od  $-50$  do  $+105^{\circ}\text{C}$ .



Únosnost v tlaku je velice malá a proto ji nelze používat např. jako izolaci pod beton. Tento tepelněizolační materiál je ekologický, bohužel velmi nasákavý a může být použit jen v suchém prostředí. Při použití na vnější konstrukci musí být opatřen parozábranou a chráněn před povětrnostními vlivy. Často se tímto materiálem ucpávají dutiny a spáry do kterých se buď volně vkládá nebo pneumaticky fouká s přidáním nejružnějších lepidel a vody. Doporučuje se pro zateplování dřevěných konstrukcí jako je zateplení podkroví, trémových stropů a stěn.

### **9.7 Pěnový polyetylén**

Mezi hlavní přednosti pěnového polyetylénu patří vynikající ohebnost, schopnost tlumit nárazy, je nenasákavý, chemicky odolný, snadnou zpracovatelný ekologicky a zdravotně nezávadný a má dlouhou životnost. Pro svou ohebnost se používá jako pružná podložka pod podlahové krytiny, dále jako tepelná izolace potrubí, ochranná tepelná izolace do skleníků, pařenišť a stájí, nebo tepelná a zvuková izolace střech a stěn objektů. Objemová hmotnost se pohybuje podle druhu od 20 – 100 kg/m<sup>3</sup> a použitelnost je od – 40 do +80°C.

### **9.8 Pěnové sklo**

Pěnové sklo se svými tepelně izolačními vlastnostmi řadí mezi velice kvalitní izolace. Vzniká napěněním skloviny pomocí práškového uhlí. Pro svou výbornou pevnost v tlaku až 1,6 MPa se hodí především na zatížené plochy. Pěnové sklo je využíváno například jako izolace bazénů, saun, ale i v zatížených střešních pláštích, na pochozí terasy, jako izolace komínů, střešní heliporty, atd. Snáší teploty od – 260 do +430°C je zcela parotěsné, vodotěsné, nehořlavé, je odolné proti chemickým i biologickým vlivům a má velmi dlouhou životnost.

### **9.9 Desky z dřevité vlny a cementu**

Tyto desky jsou u nás známy pod názvem Heraklit a Lignát. Objemová hmotnost se pohybuje od 300 – 1200 kg/m<sup>3</sup>. Součinitel tepelné vodivosti nemá příliš příznivé hodnoty a proto se od používání tohoto materiálu upouští, avšak desky z tohoto materiálu jsou tuhé a proto se kombinují s jinými méně pevnými materiály jako je polystyren nebo minerální vlna. K tomuto materiálu má také dobrou přilnavost malta a beton.

### **9.10 Cebuna**

Jde o poměrně nový ekologický výrobek, který se vyrábí z odpadu vznikajícího při výrobě papíru. Přidáním dalších přísad jako je voda, cement, kamenivo vzniká směs určená pro další použití ve stavebnictví. Například při smíchání s vodou a cementem

vzniká pružná omítková směs použitelná bez keramického pletiva na Heraklit. Cebuna ve formě omítky svou pružností a tepelnou izolaci velice dobře doplňuje vlastnosti Heraklitu. Omítku lze použít i jako zdící maltu, která nevytváří tepelné mosty. Další výhodné použití pro její lehkost je přidáním do podlahových betonů. Při smíchání s kamenivem vznikne směs pro lehčený a zvukoizolační beton.

### **9.11 Perlit**

Perlit je přírodní materiál, který snáší velké teploty je však vodou nasákavý a proto může být použit jen v místech, kde se nevyskytuje žádná voda. Tento izolační materiál se vyrábí z perlitu, což jsou horniny expandované zahřátím na vysokou teplotu pro uvolnění vázané vody. Objemová hmotnost se pohybuje mezi 100 – 250 kg/m<sup>3</sup>. Materiál je vhodný k výrobě betonu nebo malty pro zdění a omítání, přičemž fyzikální hodnoty závisí na poměru složení směsi. V současnosti se také perlit přidává do různých výrobků, jako lehčené kamenivo do vyrovnávacích a tepelně izolačních betonů a malt. Nevhodné použití perlitu a perlitobetonu je zejména, jak již bylo zmíněno pro jeho nasákavost do plochých střech, kde se může vyskytovat voda.

### **9.12 Vermikulit, Keramzit**

Obdobně jako Perlit jsou vyráběny expandací z přírodních jílu. Neexpandovaný Vermikulit se ve stavebnictví používá do protipožárních omítek a expandovaný jako plnivo do malty a betonu, případně pro výrobu různých tvárnic a tvarovek. Keramzit se využívá především pro svou velkou tepelnou odolnost až 1050°C, sypkost a pevnost v tlaku. Nemá však příliš dobré tepelněizolační vlastnosti. Použití je obdobné na zasypy a obsypy, do malty a betonu, používá se i jako filtrace, drenáž apod.

### **9.13 Křemelina**

Tento poslední zmíněný tepelně izolační materiál se vyznačuje vyššími hodnotami součinitele tepelné vodivosti, nejedná se tedy o významný tepelný izolant. Má otevřené póry a je tudíž nasákavý. Jeho výhody však spočívají v pevnosti, pevnost v tlaku dosahuje hodnot od 0,5 do 1,5 MPa a tepelné snášenlivosti okolo +900°C. Objemová hmotnost v suchém stavu se pohybuje okolo 600 kg/m<sup>3</sup>. Z křemeliny se vyrábí nejrůznější cihly, tvárnice a desky, pro tepelněizolační obezdívky, zděné konstrukce a stropy pro malé rozpory. Materiál je odolný proti chemickým vlivům i mikroorganismům a je ekologicky nezávadný.

## 9.14 Přehled hodnot součinitelů tepelné vodivosti vybraných materiálů

materiál	$\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
pěnový polyuretan	0,018-0,035
extrudovaný polystyren	0,03-0,035
pěnový polystyren	0,04-0,045
skelná a čedičová vlna	0,035-0,076
celulóza	0,037-0,08
pěnový polyetylén	0,04
pěnové sklo	0,04-0,05
cebuna	0,05-0,15
perlit	0,06
desky z dřevité vlny a cementu	0,11-0,4
keramzit	0,09-0,11
vermikulit	0,071
křemelina	0,15-0,24

Tab.9.14.1 – Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti

## 10. Popis rodinného domu

### 10.1 Stručná charakteristika

- Dům se nachází v okrese Ostrava-Stará Bělá (výpočtová venkovní teplota  $t_e$ : -15°C).
- Jedná se o nepodsklepený, jednopodlažní objekt s neobytným podkrovím a s garáží.
- Konstrukce objektu je zděná z tvárnic Porotherm 40 SI (248x400x238) – Nejnižší řada, příčkové zdivo Porotherm P+D 2x11,5 (115x497x238)
- Strop je řešen jako zavěšený podhled na roštu uchyceném na nosné konstrukci krovu.
- Objekt je zastřešen sedlovou střechou se sklonem 20° a přístřeškem 12°. Krytina je betonová taška KM Beta – barva cihlově červená.
- Okna a dveře jsou použita plastová – barva bílá, vrata do garáže jsou sekční.
- Ústřední vytápění plynovým kotlem v provedení turbo o výkonu  $P = 18kW$  a účinnosti  $\eta_k = 0,9$  [-]
- Rozměry [m]: d/š/v – 13,5/9,75/4,96

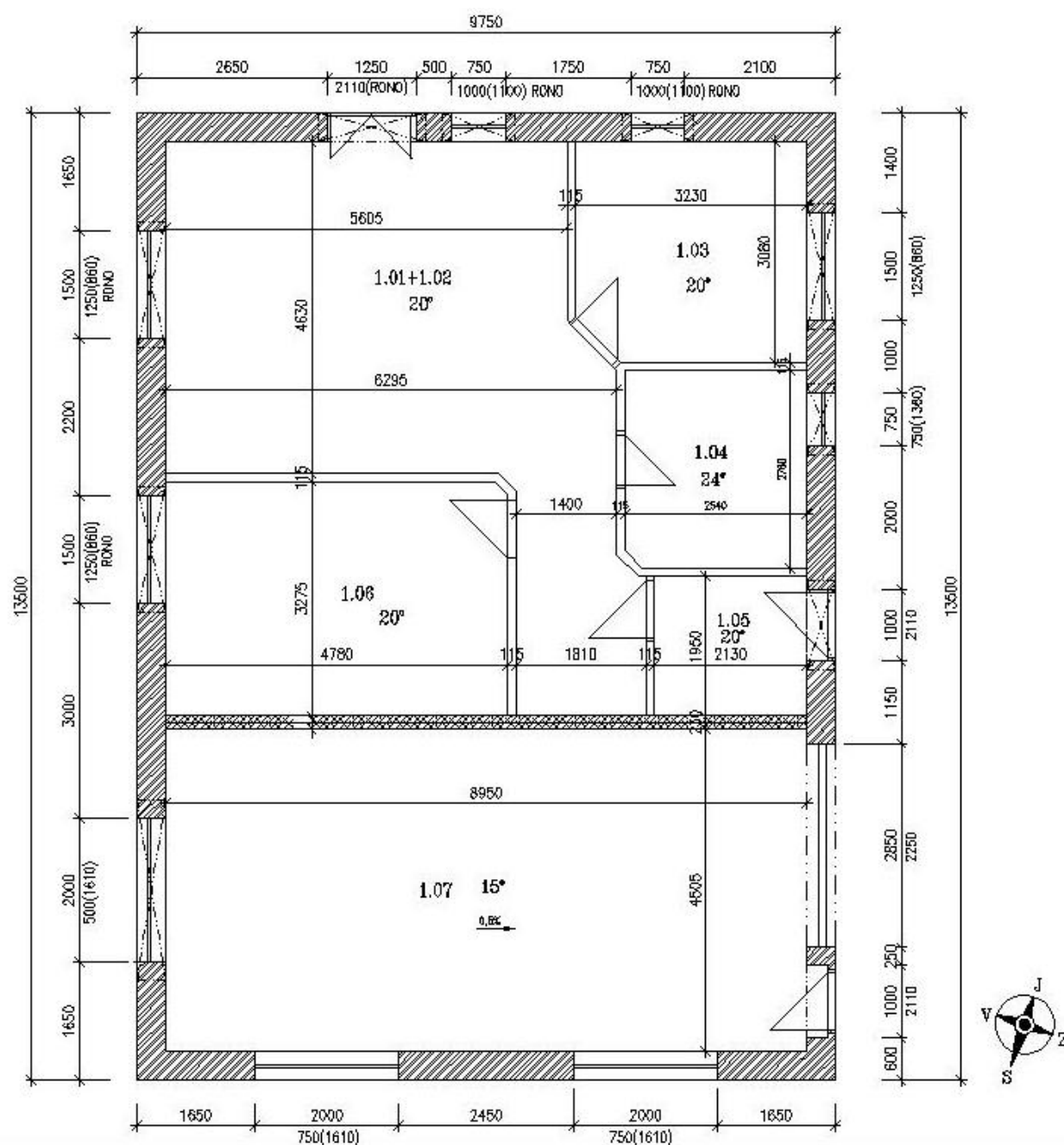


*Obr.10.1.1 - Pohled jižní*



*Obr.10.1.2 - Pohled severozápadní*

## 10.2 Půdorys rodinného domu






Obr.10.2.1 - Půdorys domu

### Tabulka místností

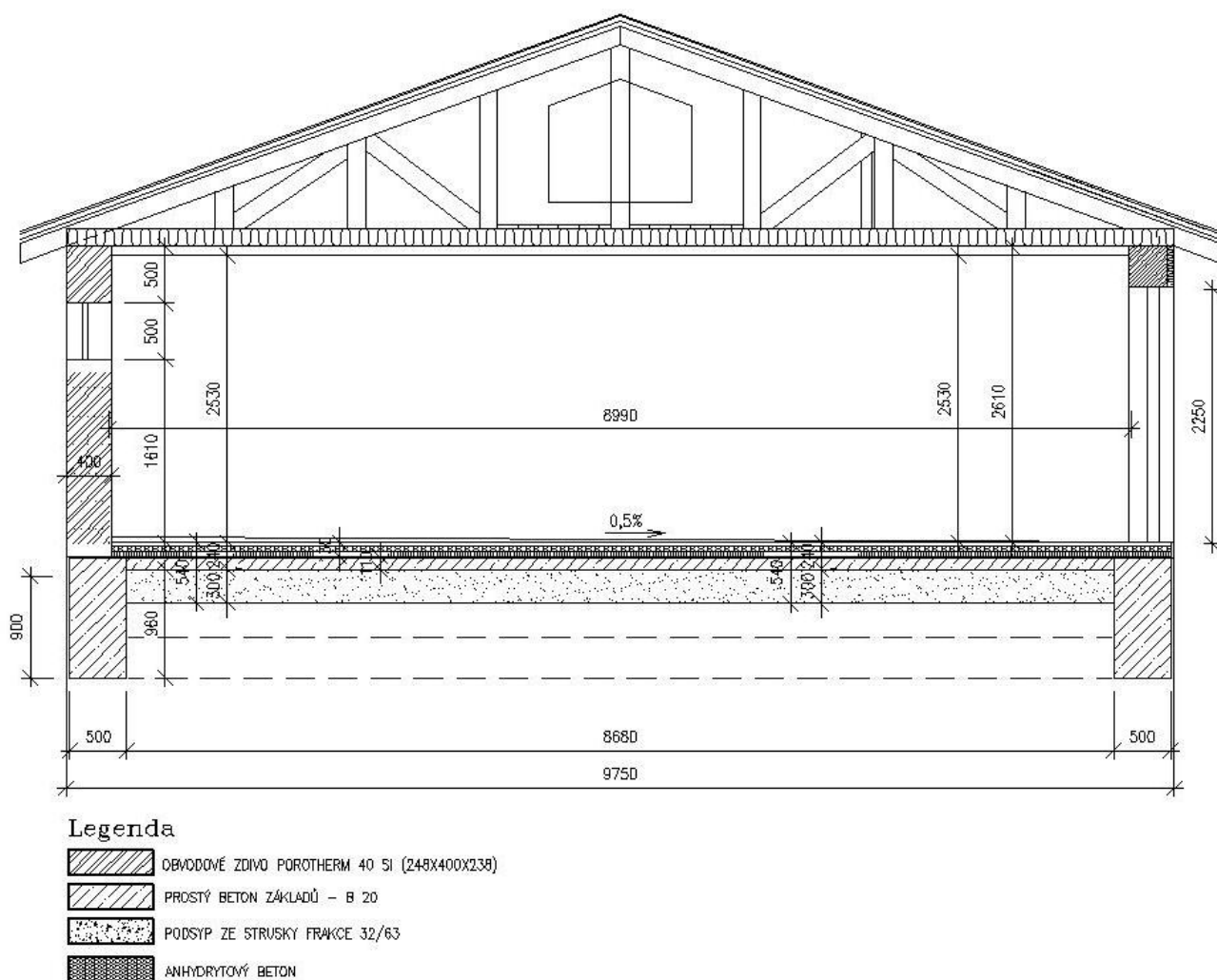
Číslo	Jméno	Plocha
1.01+1.02	OBÝVACÍ POKOJ + KUCHYŇSKÝ KOUT	26 m <sup>2</sup>
1.03	POKOJ	10 m <sup>2</sup>
1.04	KOUPELNA+WC	7,0 m <sup>2</sup>
1.05	ZÁDVEŘÍ	4,2 m <sup>2</sup>
1.06	LOŽNICE	15,7 m <sup>2</sup>
1.07	GARÁŽ+SKLAD ZAH.TECH.	40,3 m <sup>2</sup>

Obr.10.2.2 - Tabulka místností

### Legenda

-  OBVODOVÉ ZDIVO POROTHERM 40 SI (248X400X238) – NEJNÍŽŠÍ ŘADA 36,5 P+D
-  PŘÍČKOVÉ ZDIVO POROTHERM P+D 2x11,5 (115X497X238)
-  PŘÍČKA POROTHERM 11,5 P+D (115X497X238)

### 10.3 Bokorys rodinného domu



Obr.10.3.1 - Bokorys domu

### 10.4 Struktura konstrukce

- Složení obvodových zdí  
Vnější omítka 0,03m / Obvodové zdivo Porotherm 40SI 0,4m / Vnitřní omítka 0,02m
- Složení stropu  
Sádkartonová deska KGB 0,0125m / Parozábrana / Kovový rošt Knauf 0,06m / Tepelná izolace Orsil 0,2m
- Složení podlahy  
Drcená struska frakce 16-32 0,3m / Podkladní mazanina 0,1m / Podlahový polystyrén 0,1m / Betonová mazanina 0,04m / Potěr 0,03m
- Složení střechy

- Pojistná hydroizolace / Střešní krytina je betonová taška KM Beta – barva cihlově červená.

### 10.5 Charakteristika vytápěných místností

- Obývací pokoj + kuchyňský kout  
Označení: 1.01 + 1.02  
Vnitřní Rozměry [m]: d/š/v – 5,605/4,63/2,53  
Výpočtová vnitřní teplota:  $t_i = +20^{\circ}\text{C}$
- Pokoj  
Označení: 1.03  
Vnitřní Rozměry [m]: d/š/v – 3,23/3,08/2,53  
Výpočtová vnitřní teplota:  $t_i = +20^{\circ}\text{C}$
- Koupelna + WC  
Označení: 1.04  
Vnitřní Rozměry [m]: d/š/v – 2,54/2,76/2,53  
Výpočtová vnitřní teplota:  $t_i = +24^{\circ}\text{C}$
- Zádveří  
Označení: 1.05  
Vnitřní Rozměry [m]: d/š/v – 2,13/1,95/2,53  
Výpočtová vnitřní teplota:  $t_i = +20^{\circ}\text{C}$
- Ložnice  
Označení: 1.06  
Vnitřní Rozměry [m]: d/š/v – 4,78/3,275/2,53  
Výpočtová vnitřní teplota:  $t_i = +20^{\circ}\text{C}$
- Garáž  
Označení: 1.07  
Vnitřní Rozměry [m]: d/š/v – 8,95/4,505/2,53  
Výpočtová vnitřní teplota:  $t_i = +15^{\circ}\text{C}$

## 11. Výpočet celkové tepelné ztráty před zateplením

### 11.1 Výpočet tepelné ztráty okny a dveřmi $Q_{o_{ok+dv}}$

Vzorový výpočet místnosti 1.01+1.02

Tabulky hodnot:

	Součinitel přestupu tepla $\alpha$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Teplota $t$ [°C]
Interiér	8	20
Exteriér	25	-15

Tab.11.1.1 – Hodnoty teplot a přestupu tepla interiéru, exteriéru

Poz.:  $t_i$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A3,  $t_e$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A1

V místnosti se nachází dvě okna a jedny dveře

	Rozměry [m]		Obsah $S$ [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla $k$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
	Délka	Výška		
Okno <sub>1</sub>	1,5	1,25	1,875	1,2
Okno <sub>2</sub>	0,75	1	0,75	1,2
Dveře	1,25	2,11	2,6375	1,2

Tab.11.1.2 – Prostupy tepla a rozměrové hodnoty oken, dveří

Poz.:  $k$  viz norma ČSN 730540-3:2005 tab. D3.1

#### **Obsah oken a dveří $S_{ok+dv}$**

$$S_{ok+dv} = S_{ok1} + S_{ok2} + S_{dv} = 1,875 + 0,75 + 2,6375$$

$$S_{ok+dv} = 5,263 \text{ m}^2$$

#### **Tepelná ztráta okny a dveřmi $Q_{o_{ok+dv}}$**

Podle rovnice 6.3.1

$$Q_{o_{ok+dv}} = k \cdot S_{ok+dv} \cdot (t_i - t_e) = 1,2 \cdot 5,263 \cdot (20 - (-15))$$

$$Q_{o_{ok+dv}} = 221,025 \text{ W}$$



**Tabulka hodnot ostatních místností:**

Místnost	Q <sub>ok+dv</sub> [W]
1.01+1.02	221,025
1.03	110,250
1.04	26,325
1.05	88,620
1.06	78,750
1.07	424,148
Celkem	949,118

Tab.11.1.3 – Hodnoty ostatních místností

## 11.2 Výpočet tepelné ztráty obvodovými zdmi Q<sub>oz</sub>

### Vzorový výpočet místnosti 1.01+1.02

Tabulky hodnot:

	Součinitel přestupu tepla $\alpha$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Teplota $t$ [°C]
Interiér	8	20
Exteriér	25	-15

Tab.11.2.1 – Hodnoty teplot a přestupu tepla interiéru, exteriéru

Poz.:  $t_i$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A3,  $t_e$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A1

	Rozměry [m]		Obsah S [m <sup>2</sup> ]
	Délka	Výška	
Stěna východní	4,63	2,53	11,714
Stěna jižní	5,605	2,53	14,181

Tab.11.2.2 – Rozměry stěny jižní a východní

### **Obsah zdi S<sub>z</sub>**

$$S_z = S_{SV} + S_{SJ} - S_{ok+dv} = 11,714 + 14,181 - 5,263$$

$$S_z = 20,632 \text{ m}^2$$

Složení stěny:

	Tloušťka L [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Porotherm 40 SI	0,4	0,12
Vnitřní omítka	0,02	0,88
Vnější omítka	0,03	0,88

Tab.11.2.3 – Hodnoty tepelných vodivostí a šířek jednotlivých vrstev zdi

Poz.:  $\lambda_{omítky}$  viz norma ČSN 730540-3:2005 tab. A1,  $\lambda_{Porot}$  viz <http://www.wienerberger.cz/>

### **Součinitel prostupu tepla $k$**

Podle rovnice 4.2.1

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,4}{0,12} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{0,03}{0,88} + \frac{1}{25}}$$

$$k = 0,281 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

### **Tepelná ztráta zdmi $Q_{o_z}$**

Podle rovnice 6.3.1

$$Q_{o_z} = k \cdot S_z \cdot (t_i - t_e) = 0,281 \cdot 20,632 \cdot (20 - (-15))$$

$$Q_{o_z} = 203,12 \text{ W}$$

### **Tabulka hodnot ostatních místností:**

Místnost	$Q_{o_z}$ [W]
1.01+1.02	203,120
1.03	131,324
1.04	70,431
1.05	27,797
1.06	63,113
1.07	252,447
Celkem	748,232

Tab.11.2.4 – Hodnoty ostatních místností

## **11.3 Výpočet tepelné ztráty podlahou $Q_{o_p}$**

### Vzorový výpočet místnosti 1.01+1.02

Tabulky hodnot:

	Součinitel přestupu tepla $\alpha$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Teplota $t$ [°C]
Interiér	8	20
Exteriér	25	-3

Tab.11.3.1 – Hodnoty teplot a přestupu tepla interiéru, exteriéru

Poz.:  $t_i$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A3,  $t_{ez}$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A6

	Rozměry [m]		Obsah $S$ [m <sup>2</sup> ]
	Délka	šířka	
Podlaha	5,605	4,63	25,951

Tab.11.3.2 – Rozměry podlahy

**Obsah podlahy  $S_p$** 

$$S_p = 25,951 \text{ m}^2$$

Složení podlahy:

	Tloušťka L [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Potěr	0,03	1,02
Betonová mazanina	0,04	1,05
Polystyren podlahový	0,1	0,035
Podkladní mazanina	0,1	1,05
Drcená struska	0,3	0,58

Tab.11.3.3 – Hodnoty tepelných vodivostí a šířek jednotlivých vrstev podlahy

Poz.:  $\lambda$  viz norma ČSN 730540-3:2005 tab. A1

**Součinitel prostupu tepla  $k$** 

Podle rovnice 4.2.1

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,03}{1,02} + \frac{0,04}{1,05} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,1}{1,05} + \frac{0,3}{0,58} + \frac{1}{25}}$$

$$k = 0,27 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

**Tepelná ztráta podlahou  $Q_{o_p}$** 

Podle rovnice 6.3.1

$$Q_{o_p} = k \cdot S_p \cdot (t_i - t_{ez}) = 0,27 \cdot 25,951 \cdot (20 - (-3))$$

$$Q_{o_p} = 161,225 \text{ W}$$

**Tabulka hodnot ostatních místností:**

Místnost	$Q_{o_p}$ [W]
1.01+1.02	161,225
1.03	61,806
1.04	51,128
1.05	25,804
1.06	97,256
1.07	196,037
Celkem	593,256

Tab.11.3.4 – Hodnoty ostatních místností

## 11.4 Výpočet tepelné ztráty stropem $Q_{o_s}$

### Vzorový výpočet místnosti 1.01+1.02

Tabulky hodnot:

	Součinitel přestupu tepla $\alpha$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Teplota $t$ [°C]
Interiér	8	20
Exteriér	25	-6

Tab.11.4.1 – Hodnoty teplot a přestupu tepla interiéru, exteriéru

Poz.:  $t_i$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A3,  $t_{ie}$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A2

	Rozměry [m]		Obsah $S$ [m <sup>2</sup> ]
	Délka	šířka	
Strop	5,605	4,63	25,951

Tab.11.4.2 – Rozměry stropu

### Obsah stropu $S_s$

$$S_s = 25,951 \text{ m}^2$$

Složení stropu:

	Tloušťka $L$ [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Tepelná izolace Orsil	0,2	0,037
SDK-deska KGB	0,0125	0,15

Tab.11.4.3 – Hodnoty tepelných vodivostí a šířek jednotlivých vrstev stropu

Poz.:  $\lambda$  viz norma ČSN 730540-3:2005 tab. A1

### Součinitel prostupu tepla $k$

Podle rovnice 4.2.1

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,2}{0,037} + \frac{0,0125}{0,15} + \frac{1}{25}}$$

$$k = 0,177 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

### Tepelná ztráta stropem $Q_{o_s}$

Podle rovnice 6.3.1

$$Q_{o_s} = k \cdot S_s \cdot (t_i - t_{ie}) = 0,177 \cdot 25,951 \cdot (20 - (-6))$$

$$Q_{o_s} = 119,342 \text{ W}$$

**Tabulka hodnot ostatních místností:**

Místnost	Q <sub>o</sub> [W]
1.01+1.02	119,342
1.03	45,750
1.04	37,199
1.05	19,101
1.06	71,991
1.07	149,762
Celkem	443,144

Tab.11.4.4 – Hodnoty ostatních místností

**11.5 Výpočet základní tepelné ztráty prostupem tepla Q<sub>o</sub>**

Vzorový výpočet místnosti 1.01+1.02

$$Q_o = Q_{o_{ok+dv}} + Q_{o_z} + Q_{o_p} + Q_{o_s} = 221,025 + 203,12 + 161,225 + 119,342$$

$$Q_o = 704,712 \text{ W}$$

**Tabulka hodnot ostatních místností:**

Místnost	Q <sub>o</sub> [W]
1.01+1.02	704,712
1.03	349,129
1.04	185,082
1.05	161,322
1.06	311,110
1.07	1022,394
Celkem	2733,749

Tab.11.5.1 – Hodnoty ostatních místností

**11.6 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla Q<sub>p</sub>**

Vzorový výpočet místnosti 1.01+1.02

Tabulka hodnot:

	Rozměry [m]		Obsah S [m <sup>2</sup> ]
	Délka	Výška	
Stěna severní	4,645	2,53	11,752
Stěna západní	2,5	2,53	6,325

Tab.11.6.1 – Rozměry stěny severní a západní

**Celková plocha všech konstrukcí ohraničující vytápěnou místnost  $\Sigma S$** 

$$\Sigma S = S_{ok+dv} + S_z + S_p + S_s + S_{ss} + S_{sz}$$

$$\Sigma S = 5,263 + 20,632 + 25,951 + 25,951 + 11,752 + 6,325$$

$$\Sigma S = 95,874 \text{ m}^2$$

**Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí  $k_c$** 

Podle rovnice 4.3.1

$$k_c = \frac{Q_o}{\Sigma S \cdot (t_i - t_e)} = \frac{704,712}{95,874 \cdot (20 - (-15))}$$

$$k_c = 0,210 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

**Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí  $p_1$** 

Podle rovnice 6.3.2

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c = 0,15 \cdot 0,210$$

$$p_1 = 0,032$$

**Přirážka na urychlení zátoku  $p_2$** 

$p_2 = \text{nepočítám}$

**Přirážka na světovou stranu  $p_3$** 

světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
přirážka $p_3$	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tab. 11.6.2 – Přirážka na světovou stranu

$$p_3 = \frac{-0,05 \cdot L_{SJ} + 0,05 \cdot L_{SV}}{\Sigma L_S} = \frac{-0,05 \cdot 5,605 + 0,05 \cdot 4,63}{5,605 + 4,63}$$

$$p_3 = -0,004$$

**Tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_p$** 

Podle rovnice 6.2.1

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 704,712 \cdot (1 + 0,032 + 0 + (-0,004))$$

$$Q_p = 723,555 \text{ W}$$

**Tabulka hodnot ostatních místností:**

Místnost	Q <sub>p</sub> [W]
1.01+1.02	723,555
1.03	350,274
1.04	188,308
1.05	165,174
1.06	332,421
1.07	1121,308
Celkem	2881,041

Tab.11.6.3 – Hodnoty ostatních místností

## 11.7 Výpočet tepelné ztráty větráním Q<sub>v</sub>

### Vzorový výpočet místnosti 1.01+1.02

Tabulky hodnot:

	Délka Spáry L [m]	Součinitel spárové průvzdušnosti i <sub>LV</sub> [m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-0,67</sup> ]
Okno <sub>1</sub>	5,5	0,00014
Okno <sub>2</sub>	3,5	0,00014
Dveře	8,83	0,00014

Tab.11.7.1 - Hodnoty spárové průvzdušnosti a délky spáry oken, dveří

Poz.: i<sub>LV</sub> viz norma ČSN 730540-3:2005 tab. D1

Charakteristické číslo budovy B [Pa <sup>0,67</sup> ]	Charakteristické číslo místnosti M [-]
6	1

Tab.11.7.2 – Charakteristické číslo místnosti, budovy

Poz.: B viz norma ČSN 060210:1994 tab. A4, M viz norma ČSN 060210:1994 tab. A5

### **Objemový tok větracího vzduchu při přirozeném větrání V<sub>vP</sub>**

Podle rovnice 6.5.2

$$V_{vP} = \Sigma(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M = (5,5 + 3,5 + 8,83) \cdot 0,14 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 1$$

$$V_{vP} = 0,015 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

### **Tepelná ztráta větráním Q<sub>v</sub>**

Podle rovnice 6.4.1

$$Q_v = 1300 \cdot V_{vP} \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot 0,015 \cdot (20 - (-15))$$

$$Q_v = 681,463 \text{ W}$$

**Tabulka hodnot ostatních místností:**

Místnost	$Q_v$ [W]
1.01+1.02	681,463
1.03	240,786
1.04	89,435
1.05	166,410
1.06	147,147
1.07	1062,079
Celkem	2387,319

*Tab.11.7.3 – Hodnoty ostatních místností*

**11.8 Tepelné zisky  $Q_z$**

Nezapočítávám  $Q_z = 0$

**11.9 Výpočet celkové tepelné ztráty  $Q_c$**

Vzorový výpočet místnosti 1.01+1.02

*Podle rovnice 6.1.1*

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z = 723,555 + 681,463 + 0$$

$$Q_c = 1405,018 \text{ W}$$

**Tabulka hodnot ostatních místností:**

Místnost	$Q_c$ [W]
1.01+1.02	1405,018
1.03	591,060
1.04	277,743
1.05	331,584
1.06	479,568
1.07	2183,387
Celkem	5268,360

*Tab.11.9.1 – Hodnoty ostatních místností*

- Celková tepelná ztráta rodinného domu  $Q_c = 5268,360 \text{ W} = 5,3 \text{ kW}$

**12. Volba vhodného způsobu zateplení**

Výpočtem bylo zjištěno, že tepelné ztráty prostupem tepla jednotlivých konstrukcí ohraničující rodinný dům jsou přibližně stejné. Nejvyšších hodnot tepelných ztrát dosahují okna a dveře, avšak jak již bylo zmíněno, na domě jsou použita kvalitní



plastová okna a dveře s velmi malými hodnotami součinitele prostupu tepla, tudíž výměna oken za jiná by nepřinesla prakticky žádnou větší úsporu energie. Druhá největší tepelná ztráta je obvodovými zdmi, proto volím vnější zateplení obvodových zdí pomocí tepelně izolačních desek z pěnového polystyrénu EPS. Druhým faktorem volby tohoto zateplení byl poměr izolačního účinku a ceny.

### 12.1 Volba tloušťky materiálu

Správná volba tloušťky izolačního materiálu musí splňovat požadavky ČSN 730540-2:2002 tab. 3 pro zateplenou zeď, kdy požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla je  $k = 0,3 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  a doporučená je  $k = 0,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Zvolil jsem tloušťku polystyrénu 50mm

#### *Součinitel prostupu tepla pro zateplenou zeď*

Tabulky hodnot:

	Součinitel přestupu tepla $\alpha [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$	Teplota $t [^{\circ}\text{C}]$
Interiér	8	20
Exteriér	25	-15

Tab.12.1.1 – Hodnoty teplot a přestupu tepla interiéru, exteriéru

Poz.:  $t_i$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A3,  $t_e$  viz norma ČSN 060210:1994 tab. A1

Složení stěny:

	Tloušťka $L [\text{m}]$	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda [\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$
Porotherm 40 SI	0,4	0,12
Vnitřní omítka	0,02	0,88
Vnější omítka	0,03	0,88
Polystyren EPS-F	0,05	0,04

Tab.12.1.2 – Hodnoty tepelných vodivostí a šířek jednotlivých vrstev zdi

Poz.:  $\lambda_{\text{omítka}}$  viz norma ČSN 730540-3:2005 tab. A1,  $\lambda_{\text{Porothermu}}$  viz <http://www.wienerberger.cz/>,

$\lambda_{\text{Polystyrénu}}$  viz katalog Baumit 2008

#### *Součinitel prostupu tepla k*

Podle rovnice 4.2.1

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,4}{0,12} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{0,03}{0,88} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{25}}$$

$$k = 0,208 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

*Vypočtená hodnota součinitel prostupu tepla je přibližně stejná hodnotě doporučené normou, tudíž zvolená tloušťka polystyrénu je vyhovující.*

### 13. Výpočet celkové tepelné ztráty po zateplení

Výpočet celkové tepelné ztráty po zateplení bude proveden stejným způsobem, jako výpočet celkové tepelné ztráty před zateplením viz bod 11.1 – 11.9. Rozdíl bude pouze ve složení obvodových zdí, které budou opatřeny pěnovým polystyrénem. Proto zde uvedu pouze tabulky vypočtených hodnot.

***Tabulka hodnot tepelných ztrát okny a dveřmi  $Q_{o_{ok+dv}}$***

Místnost	$Q_{o_{ok+dv}}$ [W]
1.01+1.02	221,025
1.03	110,250
1.04	26,325
1.05	88,620
1.06	78,750
1.07	424,148
Celkem	949,118

*Tab.13.1 – Hodnoty ostatních místností*

***Tabulka hodnot tepelných ztrát obvodovými zdmi  $Q_{o_z}$***

Místnost	$Q_{o_z}$ [W]
1.01+1.02	150,281
1.03	97,161
1.04	52,109
1.05	20,566
1.06	46,695
1.07	186,776
Celkem	553,589

*Tab.13.2 – Hodnoty ostatních místností*

**Tabulka hodnot tepelných ztrát podlahou  $Q_{o_p}$**

Místnost	$Q_{o_p}$ [W]
1.01+1.02	161,225
1.03	61,806
1.04	51,128
1.05	25,804
1.06	97,256
1.07	196,037
Celkem	593,256

*Tab.13.3 – Hodnoty ostatních místností*

**Tabulka hodnot tepelných ztrát stropem  $Q_{o_s}$**

Místnost	$Q_{o_s}$ [W]
1.01+1.02	119,342
1.03	45,750
1.04	37,199
1.05	19,101
1.06	71,991
1.07	149,762
Celkem	443,144

*Tab.13.4 – Hodnoty ostatních místností*

**Tabulka hodnot základních tepelných ztrát prostupem tepla  $Q_o$**

Místnost	$Q_o$ [W]
1.01+1.02	651,873
1.03	314,967
1.04	166,760
1.05	154,091
1.06	294,691
1.07	956,723
Celkem	2539,106

*Tab.13.4 – Hodnoty ostatních místností*

**Tabulka hodnot tepelných ztrát prostupem tepla  $Q_p$**

Místnost	$Q_p$ [W]
1.01+1.02	667,764
1.03	315,110
1.04	169,379
1.05	157,606
1.06	314,590
1.07	1047,171
Celkem	2671,620

*Tab.13.5 – Hodnoty ostatních místností*

**Tabulka hodnot tepelných ztrát větráním  $Q_v$**

Místnost	$Q_v$ [W]
1.01+1.02	681,463
1.03	240,786
1.04	89,435
1.05	166,410
1.06	147,147
1.07	1062,079
Celkem	2387,319

*Tab.13.6 – Hodnoty ostatních místností*

**Tabulka hodnot celkové tepelné ztráty  $Q_c$**

Místnost	$Q_c$ [W]
1.01+1.02	1349,226
1.03	555,896
1.04	258,814
1.05	324,016
1.06	461,737
1.07	2109,251
Celkem	5058,940

*Tab.13.7 – Hodnoty ostatních místností*

- Celková tepelná ztráta rodinného domu po zateplení  $Q_c = 5058,94 \text{ W} = 5,1 \text{ kW}$

## 14. Ekonomické zhodnocení zateplení rodinného domu

*Tabulka hodnot tepelných ztrát před a po zateplení:*

Tepelná ztráta před zateplením [W]	5268,36
Tepelná ztráta po zateplení [W]	5058,94
Rozdíl [W]	209,42

*Tab.14.1 – Tepelné ztráty před a po zateplení*

*Celková tepelná ztráta byla zateplením snížena o pouhé 4%*

### 14.1 Výpočet nákladů na vytápění před zateplením

- Celková tepelná ztráta před zateplením  $Q_c = 5268,360 \text{ W} = 5,3 \text{ kW}$
- Průměrná denní teplota pro zahájení otopné sezóny  $t_{em}$   
Podle vyhlášky č.194/2007 Sb. začíná otopné období 1. září a končí 31. května následujícího roku. Dodávka teplené energie se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušné lokalitě nebo místě poklesne pod  $+13^\circ\text{C}$  ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení teploty nad  $+13^\circ\text{C}$  pro následující den
$$t_{em} = +13^\circ\text{C}$$
- Průměrná vnitřní výpočtová teplota  $t_{is}$   
Pro zadaný rodinný dům byla průměrná vnitřní výpočtová teplota stanovena jako:  
 $t_{is}$  = součet vnitřních teplot jednotlivých prostorů / počet vnitřních prostorů.
$$t_{is} = +19,8^\circ\text{C}$$
- Možnost regulace soustavy  $\eta_o$   
Pro kotelnu na pevná paliva se volí 0,9  
Pro kotelnu na plynná paliva se volí 1
$$\eta_o = 1$$
- Účinnost rozvodu vytápění  $\eta_r$   
Podle provedení se volí v rozmezí 0,95 až 0,98
$$\eta_r = 0,97$$
- Opravný součinitel  $\varepsilon$   
Regulace prostorovým termostatem  $\varepsilon = 0,71$   
Regulace ventily s termostatickými hlavicemi  $\varepsilon = 0,63$ 
$$\varepsilon = 0,71$$

- Pro otopné období 2007/2008 bylo vyhodnoceno

Otopné období	2007 - 2008
Meteorologická stanice	Praha-Karlov
Začátek vytápění	5. září 2007
Konec vytápění	24. květen 2008
Počet dnů vytápění	243
Průměrná teplota v topných dnech	5,96°C
Počet denostupňů D	3 168
Potřeba tepla normálu (30let)	98%

Tab.14.1.1 – Hodnoty otopného období 2007/2008

### **Celková roční potřeba energie pro vytápění $Q_{VYT}$**

$$Q_{VYT} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{VYT} = \frac{0,71}{1 \cdot 0,97} \cdot \frac{24 \cdot 5,3 \cdot 3168}{(19,8 - (-15))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{VYT} = 30,513 \text{ GJ / rok} \Rightarrow 8,476 \text{ MWh / rok}$$

### **Celkové roční náklady na vytápění $C_{PŘZ}$**

Cena zemního plynu včetně DPH 19% od plynárenské společnosti RWE - Severomoravská plynárenská platná od 1.ledna 2008.

Cena plynu [Kč/MWh]	Stálá měsíční platba [Kč]	Účinnost kotle $\eta_k$ [-]
1101,59	81	0,9

Tab.14.1.2 – Cena plynu a účinnost kotle

$$C_{PŘZ} = Q_{VYT} \cdot \text{cena plynu} \cdot \eta_k + 12 \cdot \text{stálá měsíční platba}$$

$$C_{PŘZ} = 8,476 \cdot 1101,59 \cdot 0,9 + 12 \cdot 81$$

$$C_{PŘZ} = 9375 \text{ Kč / rok}$$

## **14.2 Výpočet nákladů na vytápění po zateplení**

Výpočet bude proveden stejným způsobem, jako výpočet nákladu na vytápění před zateplením viz bod 14.1. Rozdílná hodnota bude pouze celková tepelná ztráta

$Q_c = 5058,94 \text{ W} = 5,1 \text{ kW}$ .

### **Celková roční potřeba energie pro vytápění $Q_{VYT}$**

$$Q_{VYT} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{VYT} = \frac{0,71}{1 \cdot 0,97} \cdot \frac{24 \cdot 5,1 \cdot 3168}{(19,8 - (-15))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{VYT} = 22,808 \text{ GJ / rok} \Rightarrow 6,336 \text{ MWh / rok}$$

### ***Celkové roční náklady na vytápění $C_{POZ}$***

$$C_{POZ} = Q_{VYT} \cdot \text{cena plynu} \cdot \eta_k + 12 \cdot \text{stálá měsíční platba}$$

$$C_{POZ} = 6,336 \cdot 1101,59 \cdot 0,9 + 12 \cdot 81$$

$$C_{POZ} = 7254 \text{ Kč / rok}$$

### **14.3 Výpočet nákladu na zateplení obvodových zdí**

Kontaktní zateplovací systém obvodových zdí se bude skládat z několika vrstev a komponentů zakoupených u firmy Baumit vzhledem k nízkým cenám, dlouholeté činnosti na trhu a široké škále nabízených produktů. Doba pro zhotovení zateplení bude 2 týdny a budou ji provádět dva pracovníci se mzdou 150Kč/h.

- Materiál pro lepení a stěrkování

*Lepicí stěrka (Baumit KlebeSpachtel)*

Paropropustná lepicí hmota na bázi cementu určená především k lepení a stěrkování (armovací vrstva) tepelně izolačních fasádních desek. Při použití této lepicí směsi nemusí být systém dále kotven hmoždinkami.

Spotřeba: cca 3–4 kg/m<sup>2</sup> pro lepení, stěrkování EPS-F.

Balení: 25kg

Cena s DPH: 562,5Kč/bal. = 90Kč/m<sup>2</sup>

- Tepelně izolační desky

*Fasádní polystyrénové desky Baumit EPS-F*

Objemově stabilizované desky z expandovaného polystyrenu.  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ .

Rozměr: 500 x 1000 x 50mm

Balení: 10 ks/bal. = 0,25m<sup>3</sup> = 5,0m<sup>2</sup>

Cena s DPH: 903Kč/bal. = 181Kč/m<sup>2</sup>

- Vytužné tkaniny - armovací vrstva

*Baumit sklotextilní síťovina (Baumit TextilglasGitter)*

Sklotextilní síť pro vyztužovací vrstvu, odolná vůči alkáliím, oka cca 4 x 4 mm.

Balení: role šířky 1m délky 50m.

Cena s DPH: 1 576Kč/role = 31Kč/m<sup>2</sup>

- Povrchová úprava

*Baumit Granopor základ (Baumit GranoporGrund)*

Základní nátěr (penetrace) pro vyrovnaní nasákavosti podkladu a zajištění přilnavosti následně nanášené Baumit Granopor omítky a Baumit mozaikové omítky.

Spotřeba: cca 0,2 kg/m<sup>2</sup>

Balení: 25kg

Cena s DPH: 1 678Kč/kb. = 13Kč/m<sup>2</sup>

*Baumit Granopor omítka (Baumit Granopor Putz)*

Jednosložková omítka pastovité konzistence s organickým pojivem, použitelná v interiéru i exteriéru, paropropustná, vodoodpudivá.

Dodáváno v odstínech Baumit „colours of more emotion“ bez příplatku

K 3 škrábaná struktura 3mm

Spotřeba: cca 4 kg/m<sup>2</sup>

Balení: 30kg

Cena s DPH: 1742Kč/kb. = 232Kč/m<sup>2</sup>

- Příslušenství

*Rohový profil ETICS ALU se síťovinou (Kantenprofilwinkel ETICS ALU mit Gewebe)*

Hliníková rohová lišta s integrovanou síťovinou odolnou vůči alkáliím

Délka: 2,5m

Cena s DPH: 65Kč/ks = 26Kč/m

*Okenní a dveřní připojovací profil ETICS – Standard (FensteranschlussProfil Standard)*

Samolepicí lišta z neměkčeného PVC s těsnicím páskem a integrovanou síťovinou pro vytvoření trvale pružného spojení omítek tepelně izolačních systémů Baumit s okenními nebo dveřními otvory.

Délka: 2,4m

Cena s DPH: 180Kč/ks = 75Kč/m



#### Tabulky hodnot

Plocha obvodových zdí domu S [m <sup>2</sup> ]	121,365
Plocha oken, dveří S [m <sup>2</sup> ]	23,093
Celková plocha zdi bez oken, dveří S [m <sup>2</sup> ]	98,273

Tab.14.3.1 – Celkové plochy oken a zdí

Material	Cena [Kč/m <sup>2</sup> ]	Cena za potřebné množství [Kč]
Lepící stěrka	90	17689
Fasádní polystyrénové desky Baumit EPS-F	181	17787
Baumit sklotextilní síťovina	31	3047
Baumit Granopor základ	13	1278
Baumit Granopor omítka	232	22799
Material	Cena [Kč/m]	Cena za potřebné množství [Kč]
Rohový profil ETICS ALU se síťovinou	26	270
Okenní a dveřní připojovací profil	75	5026
Celková suma [Kč]		67896

Tab.14.3.2 – Celková náklady na materiál pro zateplení

#### **Celková náklady na zhotovení zateplení $C_{NAZ}$**

$$C_{NAZ} = C_{Materiálu} + C_{Mzdy}$$

$$C_{NAZ} = 67896 + (150 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 2)$$

$$C_{NAZ} = 91896 \text{ Kč}$$

### 14.4 Výpočet doby návratnosti nákladu na zateplení

#### **Roční úspory nákladů na vytápění $C_{ÚE}$**

$$C_{ÚE} = C_{PŘZ} - C_{POZ}$$

$$C_{ÚE} = 9375 - 7254$$

$$C_{ÚE} = 2121 \text{ Kč / rok}$$

#### **Doba návratnosti zateplení rodinného domu $D_{NZ}$**

$$D_{NZ} = C_{NAZ} / C_{ÚE}$$

$$D_{NZ} = 91896 / 2121$$

$$D_{NZ} = 43 \text{ let}$$

## 15. Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval zateplováním novostavby rodinného domu a následným ekonomickým zhodnocením zateplení a lze tuto práci rozdělit do několika částí.

V úvodní teoretické části se zabývám technickými a ekonomickými důvody proč opatřit dům tepelnou izolací, popisuji nejrozličnější druhy úniku tepla, srovnávám vlastnosti vybraných tepelně izolačních materiálů a v neposlední řadě, popisuji postup pro výpočet tepelných ztrát budov, prostupem tepla stěnami a větráním (infiltraci), dle ČSN 060210:1994.

V praktické části se zabývám samotným výpočtem tepelné ztráty domu před a po zateplení. Prvním krokem bylo důležité obstarat si veškeré informace o stavbě. Tyto informace jsem získal z výkresové dokumentace, normy ČSN 730540-3:2005 a internetových odkazů. Celková tepelná ztráta domu před zateplením činí  $Q_c = 5268,360$  W a z vypočtených hodnot jsem usoudil, že nevhodnější bude opatřit stavbu kontaktním zateplením vnějších obvodových zdí. Následně jsem opět provedl výpočet tepelné ztráty, která po zateplení činí  $Q_c = 5058,94$  W.

Závěr práce pojednává o zmíněném ekonomické zhodnocení, zdali se tento krok zateplení rodinného domu z celkového hlediska úspory peněz a energie na vytápění vyplatí.

Výpočtem bylo zjištěno, že celková úspora nákladů na vytápění pokryje investice na zateplení rodinného domu po uplynutí 43 let. V tomto případě lze usoudit, že zateplení není ekonomicky návratnou investicí a novostavbu rodinného domu dále opatřovat tepelnou izolací vnějších obvodových zdí se nevyplatí.

*Veškeré výpočty jsem prováděl v programu Microsoft Excel a nacházejí se na přiloženém CD.*

## 16. Literatura

- **Literatura**

- [1]... Roman Šubrt, Tepelné izolace domů a bytů, nakladatelství Grada, Praha 1999
- [2]...Vladimír Blahož a Zdeněk Kadlec, Základy sdílení tepla, edice SPBI spektrum 2, Ostrava 2000
- [2]... ČSN 060210: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, Květen 1994
- [3]... ČSN 730540-2: Tepelná ochrana budov – Požadavky, Květen 2002
- [4]... ČSN 730540-3: Tepelná ochrana budov – Navrhované hodnoty veličin, Listopad 2005
- [5]...Baumit, Tepelně izolační systémy, Říjen 2008

- **Internetové odkazy**

<http://www.custom.cz>  
<http://www.vasestavebniny.cz>  
<http://www.tepelna-izolace.cz>  
<http://www.asb-portal.cz/>  
<http://www.olterm.cz/tepservis.htm>  
<http://www.stavebnictvi3000.cz/>  
<http://www.tzb-info.cz/>  
<http://www.wienerberger.cz/>

## 17. Přílohy

- Výkresová dokumentace rodinného domu